

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

УДК 625.8:624.131.52(571.1)

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-165-179

*В.Н. ЕФИМЕНКО, С.В. ЕФИМЕНКО, А.В. САМОЙЛОВА,
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА

В статье приведены результаты комплексного изучения связей и закономерностей, влияющих на качество проектирования дорожных одежд автомобильных дорог Западно-Сибирского региона. Показано, что свойства глинистых грунтов земляного полотна на территории исследования определяет их состав, формирующийся под влиянием географического комплекса, характерного для региона. Отражён оригинальный подход к учёту особенностей природно-климатических условий при районировании территории в таксономической схеме «зона – подзона – дорожный район». Для дорожных районов, выделенных во II, III и IV дорожно-климатических зонах, назначены расчётные характеристики грунтов земляного полотна автомобильных дорог территории исследования. Рекомендуемые значения характеристик глинистых грунтов до 40 % отличаются от рекомендованных действующими нормами, что свидетельствует о важности и практической ценности представленных в статье результатов.

Ключевые слова: автомобильная дорога; дорожно-климатическое районирование; дорожная одежда; земляное полотно; глинистые грунты; расчётные значения грунтов рабочего слоя земляного полотна.

Для цитирования: Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Самойлова А.В. Пути обеспечения качества проектирования дорожных одежд в природно-климатических условиях Западно-Сибирского региона // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21. № 5. С. 165–179.
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-165-179

*V.N. EFIMENKO, S.V. EFIMENKO, A.V. SAMOILOVA
Tomsk State University of Architecture and Building*

QUALITY DESIGN OF ROAD PAVEMENTS IN WEST SIBERIAN CLIMATIC CONDITIONS

The article presents the results of a comprehensive study of the laws affecting the pavement design quality in the West Siberian region. It is shown that the properties of clay subgrade de-

termine its composition, which forms under the influence of the geographical complex of the region. The differentiated approach to the climatic conditions when zoning the territory is reflected in the taxonomic scheme "zone – subzone – road region". For the road regions in II, III and IV road building climatic zones, the design parameters are assigned to the clay subgrade soils, automobile roads and the territory of interest. The recommended values of subgrade parameters differ from those recommended by current standards by 40%, which indicates the importance and practical value of the results presented.

Keywords: automobile road; road building climatic zone; pavement; subgrade; clay soils; calculated values.

For citation: Efimenko V.N., Efimenko S.V., Samoilova A.V. Puti obespecheniya kachestva proektirovaniya dorozhnykh odezhd v prirodno-klimaticheskikh usloviyakh Zapadno-Sibirskogo regiona [Quality design of road pavements in West Siberian climatic conditions]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 5. Pp. 165–179.

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-5-165-179

Увеличение межремонтных сроков эксплуатации автомобильных дорог, установленное Постановлением Правительства РФ от 30 мая 2017 г. № 658, может быть достигнуто решением комплекса актуальных задач, среди которых следует обозначить дифференциацию свойств прочности и деформируемости широко распространённых на территории Российской Федерации глинистых грунтов.

Предлагаемые нами результаты исследований базируются на многолетнем изучении водно-теплого режима грунтов земляного полотна автомобильных дорог II, III и IV дорожно-климатических зон на территории Западно-Сибирского региона [1–3].

Ещё в 1963 г. проф. Н.А. Цытович [4] отметил, что «физико-географическая среда оказывает огромное влияние на формирование состава грунтов и их свойств». Это заключение подтверждено и развито специалистами МГУ [5, 6]. Сформулированный проф. В.Т. Трофимовым [7] основной закон грунтоведения может быть интерпретирован в следующей редакции: состав и свойства грунтов, их строение и состояние в существенной мере определяют происхождение, история формирования, характер пространственного положения, а на освоенных территориях – особенности техногенных воздействий. Отмеченное позволяет считать, что обеспечить качество проектирования транспортных сооружений в тех или иных природно-климатических условиях можно только при условии учёта их особенностей.

К сожалению, действующие в России нормы проектирования дорожных одежд, например ОДН 218.046–01, ПНСТ 265–2018, рекомендуют обобщённые расчётные значения сдвиговых характеристик и модулей упругости подвидов грунтов земляного полотна, как правило, независимо от зонального расположения проектируемого объекта.

Исследуя покровные отложения Западно-Сибирского региона, специалисты авторитетной отечественной школы инженерной геологии академика Е.М. Сергеева [8] установили наличие общих признаков, выраженных присутствием лёссов в породах, обладающих различным возрастом и генезисом. Это позволило сделать вывод о том, что формирование покровных пород

(пылеватых суглинков и супесей) Западно-Сибирской плиты обусловлено действием процессов выветривания и почвообразования, связанных с изменением их химического, гранулометрического состава и состава обменных катионов породы, происходящих в различных условиях по-разному. Так, в условиях пребывания породы в кислой среде и вымывания обменного калия из кристаллической решётки глинистых минералов с последующим замещением его водородом минералы из группы гидрослюды преобразуются в монтмориллонит и удаляются из породы потоками промывных вод. Это способствует росту содержания пылеватых частиц.

Лабораторными исследованиями гранулометрического состава образцов глинистых грунтов, отбор которых осуществлён из земляного полотна автомобильных дорог территории Западной Сибири, выявлено, что пылеватые фракции (0,05–0,005 мм) содержатся в супесях в количестве до 82,3 %, а для суглинков – 81,6 %. Содержание глинистых фракций (< 0,005 мм) для супесей не превышает 20,3 %, а для суглинков – 32,3 % [9, 10].

Приведённые сведения близки к полученным ранее [11] результатам исследований образцов глинистого грунта (суглинок пылеватый), отбор которого произведён на водораздельном правом берегу р. Томи, в окрестности пос. Лоскутово. Исследованный грунт неоднороден по составу ($K_n = 11,4$), он содержит 17,9 % песчаной, 62,6 % пылеватой и 19,5 % глинистой фракции.

Результаты изучения минералогического состава показали [12], что в образцах глинистого грунта преобладает кварц, содержание которого составляет 60,7 %, плагиоклаз – 15,4 %, монтмориллонит 14,5 %. Содержание кальцита, хлорита, иллита и микроклина в сумме составляет 3 %.

Рентгеновские исследования препаратов свидетельствуют, что структура преобладающих глинистых минералов смешанослойная и неоднородная по соотношению переслаивающихся текстур.

По химическому составу в образцах преобладают окислы кремния (SiO_2), содержание которых достигает 62,8 %, окислы алюминия (Al_2O_3) в количестве 13,5 % и окислы железа (Fe_2O_3) – 5,5 %. Кислотность образцов нейтральная (слабощелочная) ($\text{pH} = 7\text{--}8$). В составе лёгкой фракции этих образцов преобладает кварц (около 70 %) и полевые шпаты (20–25 %) [12].

Исследования проф. В.И. Коробкина [13], выполненные для территории юга европейской части России, показали, что содержание в них пылеватых и глинистых фракций превышает 25 и 50 % соответственно, что существенно отличается от глинистых грунтов Западно-Сибирского региона. Оценка минералогического состава глинистых грунтов указывает, что в лёгких фракциях преобладает кварц, процентное содержание которого превышает 70 %, карбонаты (кальцит) в количестве до 11,3 %, полевые шпаты (ортоклаз) в объёме от 7,2 до 10,2 %. Халцедон и обломки горных пород содержатся в пределах от 6,4 до 11 %. В тяжёлой фракции преобладают ильменит, магнетит, лимонит, лейкоксен и др.

В минеральном составе глинистой фракции доминируют гидрослюды типа иллита.

Приведённые результаты исследований составов глинистых грунтов, выполненных для районов Западной Сибири и юга европейской части России –

ской Федерации, подтверждают справедливость ранее высказанных [4, 6, 7] предположений о том, что разнообразные генезис и возраст поверхностных отложений, избирательность процессов выветривания при формировании покровных пород определяют особенности состава, состояния, структуры, текстуры пород, слагающих верхний горизонт [9, 10].

Учитывая, что состав грунтов в значительной мере определяет их свойства, в процессе проектирования транспортных сооружений следует принимать во внимание разнообразие природно-климатических условий, определяющих в том числе состав и свойства грунтов земляного полотна автомобильных дорог [14].

Поэтому для обеспечения качества проектирования и заданных сроков службы автомобильных дорог следует руководствоваться комплексом расчётных значений грунтов рабочего слоя земляного полотна, установленным в районах дислокации объекта, характеризуемого индивидуальным географическим комплексом, а не осреднёнными значениями расчётных показателей, приведёнными в действующих нормативных документах, распространяющих свои требования на значительные по площади территории.

Для решения проблемы увеличения межремонтных периодов и жизненного цикла автомобильных дорог с капитальным типом покрытий необходима детализация районирования территорий, обозначенных предшествующими исследованиями дорожно-климатических зон, с уточнением простирающих их границ и формированием информационной базы, отражающей в том числе расчётные значения характеристик грунтов, характерных для района проектирования автомобильных дорог. Примерами подобных разработок могут быть нормативные документы, распространяющие свои требования на территориях Германии [15], США [16], Китая [17] и др.

В основе карты распространения дорожно-климатических зон на территории Западной Сибири (рис. 1) лежит общая идеология, изложенная в работах [1, 3], а также исследованиях профессоров А.И. Ярмолинского и В.А. Ярмолинского [18], которая состоит в выделении однородных по геокомплексу территорий в пределах административных границ краёв и областей. Предлагаемый подход к технологии дорожно-климатического районирования аргументирован тем, что основная сеть дорог, расположенных в пределах административных образований, представлена сетью дорог областного или краевого значения. Пример карты-схемы дорожно-климатического районирования территории Кемеровской области приведен на рис. 2. Для территории Кемеровской области рекомендовано две дорожно-климатические зоны – II и III, три подзоны – Р, Х и Г и 8 дорожных районов.

Характеристика дорожных районов, выделенных на территории Кемеровской области, приведена в табл. 1. Аналогичные карты составлены для всех административных образований территории Западной Сибири.

В отличие от действующего нормированного в Своде правил (СП 34.13330.2012) районирования России предлагаемое нами деление территории Западной Сибири в значительной мере детализирует природно-климатические условия для таксонов «зона – подзона – дорожный район». Каждая из выделенных на территории Российской Федерации дорожно-кли-

матических зон занимает значительные площади, являясь единым географическим целым, но объединяет разные анклавы, с неоднородным сочетанием основных географических компонентов. Нормативно закреплённое в настоящее время зонирование территории Российской Федерации не соответствует результатам многолетних исследований специалистов-грунтоведов и не обеспечивает качество проектирования автомобильных дорог.

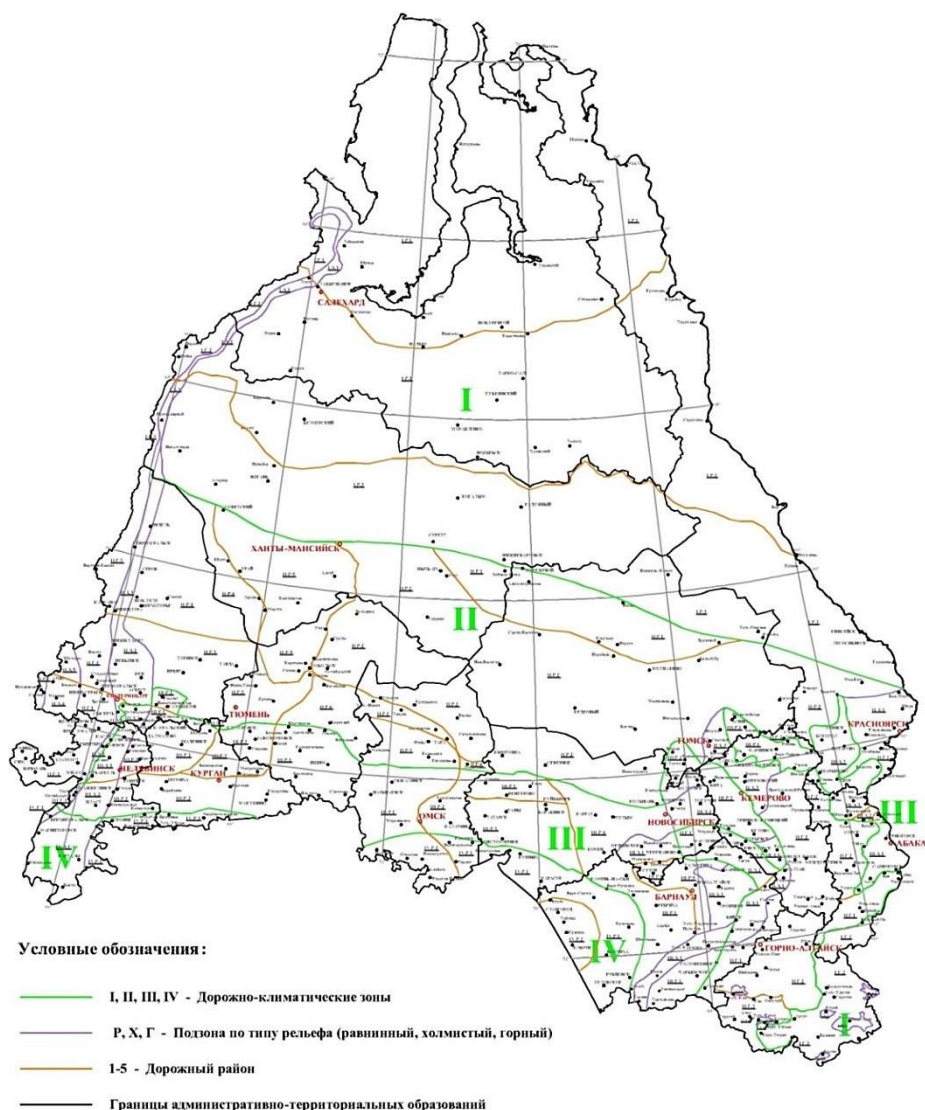


Рис. 1. Карта-схема дорожно-климатического районирования территории Западной Сибири

Результаты лабораторных испытаний грунтов, пробы которых отобраны из земляного полотна автомобильных дорог Западно-Сибирского региона на территории, занимаемой II дорожно-климатической зоной (рис. 1), позволили установить, что рабочий слой земляного полотна преимущественно сложен из

пылеватых суглинков (69 % образцов, выбранных во время полевых обследований) с числом пластичности $I_p = 0,07 \dots 0,17$ и пылеватых супесей – 31 % случаев с $I_p = 0,02 \dots 0,07$.

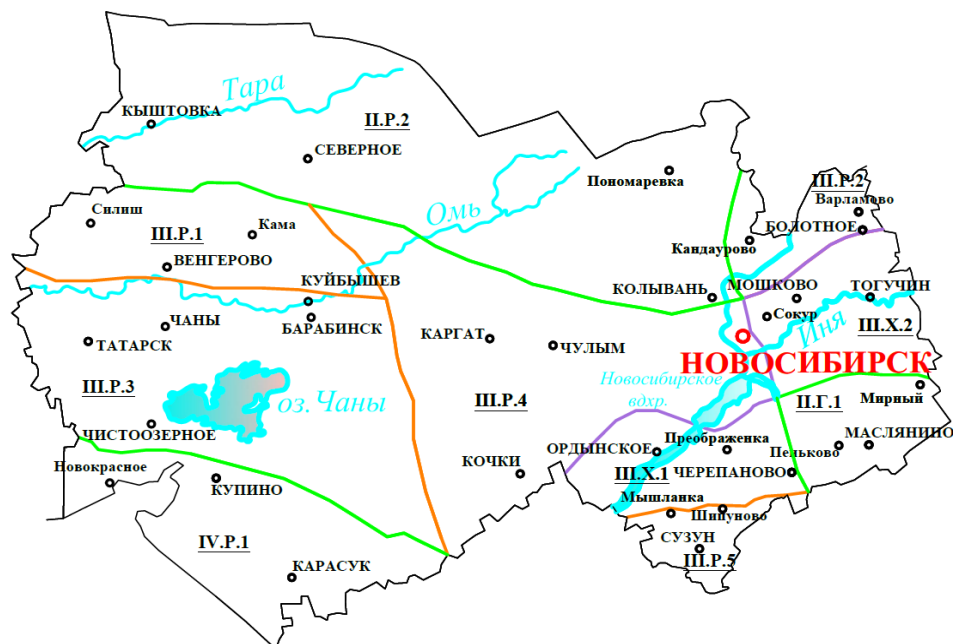


Рис. 2. Карта-схема таксонов системы «зона – подзона – район» территории Новосибирской области: II, III и IV – номера дорожно-климатических зон; P, X, Г – обозначения подзон, в зависимости от типа рельефа (P – равнинный, X – холмистый, Г – горный); 1–5 – номера выделенных дорожных районов

Зафиксировано изменение естественной влажности для пылеватых суглинков $W_e = 0,14 \dots 0,31$, для пылеватых супесей $W_e = 0,09 \dots 0,16$. Характерно, что диапазон изменения относительной влажности $W_{от}$ для суглинков составил $0,42 \dots 0,69$, а для супесей $W_{от} = 0,40 \dots 0,69$. По величине показателя текучести I_L исследуемые грунты разделены на суглинки, от твердых до полутвердых, и супеси твердые. Интервал изменения значений коэффициента пористости для пылеватых суглинков составил $e_0 = 0,401 \dots 0,870$, для супесей $e_0 = 0,370 \dots 0,737$.

На территории Западной Сибири, занимаемой III дорожно-климатической зоной (рис. 1), техногенные грунты в теле земляного полотна представлены суглинками пылеватыми с числом пластичности $I_p = 0,09 \dots 0,17$ и супесями пылеватыми с $I_p = 0,04 \dots 0,07$. Величина естественной влажности зафиксирована в пределах: $W_e = 0,11 \dots 0,31$ для суглинков, а для супесей $W_e = 0,07 \dots 0,22$. Изменение значений относительной влажности составило $W_{от} = 0,41 \dots 0,75$ для суглинков и $W_{от} = 0,31 \dots 0,55$ для супесей. По показателю текучести I_L были выделены: суглинки твердые, полутвердые и тугопластичные, супеси твердые. Для суглинков изменение пористости установлено в пределах $e_0 = 0,117 \dots 0,957$, а для супесей $e_0 = 0,323 \dots 0,707$.

Таблица 1

**Характеристика основных элементов геокомплекса дорожных районов
на территории Новосибирской области**

III	Дорожно-климатическая зона	II	Дорожно-климатическая зона лесов с избыточным увлажнением грунтов	Индекс дорожного района	Административный пункт района	Характеристика дорожного района					
						Тип рельефа	Грунты	Увлажнённость (ГТК Селянинова)	Температура воздуха, °С		
									Средне-годовая	Минимальная (январь)	Максимальная (июль)
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.1	Силищ, Венгерово, Кама	III.Г.1	Маслянино, Пеньково, Мирный	Равнинный	Аллювиальные, озерно-аллювиальные отложения: пески, супеси, пылеватые супеси, суглинки. Современные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,40–1,60	–1,0	–20,5	17,5
						Горный	Растительный слой подстилают тяжелосуглинистые и глинистые отложения	1,44–1,50	–1,1	–19,9	17,5
						Равнинный	Аллювиальные отложения: пески и супеси с редкими прослоями суглинков и глин Элювиальные, делювиальные, эоловые, озерно-аллювиальные отложения: суглинки и супеси	1,15–1,20	–0,5	–20,1	18,4

Продолжение табл. 1

III	Дорожно-климатическая зона	Характеристика дорожного района							
	Характеристика дорожно-климатической зоны	Индекс дорожного района	Административный пункт района	Тип рельефа	Грунты	Увлажнённость (ГТК Селянинова)	Температура воздуха, °С		
							Средне-годовая	Минимальная (январь)	Максимальная (июль)
Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	Ш.Р.2	Кандаурово, Варламово, Болотное	Равнинный	Субэвральные и озёрно-аллювиальные отложения: связные глины, суглинки, супеси. Аллювиальные отложения: пески с редкими прослоями супесей и суглинков	1,30–1,40	–0,2	–18,8	18,8	
	Ш.Р.3	Татарск, Чистоозёрное, Чаны, Куйбышев	Равнинный	Субэвральные и озёрно-аллювиальные отложения: суглинки с редкими прослоями супесей, пылеватые супеси, суглинки. Аллювиальные отложения: пески и супеси с редкими прослоями глин. Озёрные отложения: супеси, суглинки с прослоями песков	1,10–1,15	–0,4	–20,2	18,7	

Продолжение табл. 1

III	Дорожно-климатическая зона	Характеристика дорожно-климатической зоны	Индекс дорожного района	Административный пункт района	Характеристика дорожного района					
	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земельного полотна в отдельные годы	III.Р.4	Новосибирск, Каргат, Кочки, Чулым	Равнинный	Тип рельефа	Грунты	Увлажнённость (ГТК Селянинова)	Температура воздуха, °С		
								Средне-годовая	Минимальная (январь)	Максимальная (июль)
		III.Р.5	Сузун, Мышланка, Шипуново	Равнинный		Озерно-аллювиальные отложения: пылеватые супеси, суглинки. Аллювиальные отложения: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники	1,15–1,35	–0,4	–19,7	18,3
					Аллювиальные отложения: пески и супеси с редкими прослоями суглинков и глин. Субазральные и озерно-аллювиальные отложения: суглинки с редкими прослоями супесей. Аллювиальные отложения пойм рек: пески, супеси и суглинки, реже торф, глины и галечники		1,15–1,25	0,5	–19,4	18,5

Окончание табл. 1

IV	Дорожно-климатическая зона	III	Характеристика дорожно-климатической зоны	Индекс дорожного района	Административный пункт района	Характеристика дорожного района					
						Тип рельефа	Грунты	Увлажнённость (ГТК Селянинова)	Температура воздуха, °С		
									Среднегодовая	Минимальная (январь)	Максимальная (июль)
Географическая степная зона с незначительным увлажнением		III	Географическая зона лесостепи, характеризующаяся значительным увлажнением земляного полотна в отдельные годы	III.X.1	Ордынское, Преображенка Черепаново	Холмистый	Субаэральные и озерно-аллювиальные отложения: суглинки с редкими прослоями супесей. Аллювиальные отложения: пески и супеси с редкими прослоями суглинков и глин	1,05–1,25	–0,3	–19,1	18,2
				III.X.2	Сокур, Мошково, Тогучин	Холмистый, в восточной части горный	Аллювиальные отложения: пески и супеси с редкими прослоями суглинков и глин. Субаэральные и озерно-аллювиальные отложения: суглинки с редкими прослоями супесей	1,25–1,38	–0,5	–19,2	18,1
IV.P.1	Новокрасное, Кулино, Карасук					Равнинный	Элювиальные, делювиальные, золовые, озерно-аллювиальные отложения: суглинки, супеси, пески, гравелистые грунты. Аллювиальные отложения: пески, супеси, глины. Озерно-аллювиальные отложения: пылеватые супеси, суглинки	0,85–0,9	0,4	–19,9	19,4

Для территории Западной Сибири, занимаемой IV дорожно-климатической зоной (см. рис. 1), в качестве грунтов, слагающих земляное полотно автомобильных дорог, характерно распространение пылеватых суглинков с числом пластичности $I_p = 0,07 \dots 0,17$ и супесей пылеватых с $I_p = 0,06$. Для суглинков естественная влажность W_e изменялась от 0,14 до 0,24, а для супесей $W_e = 0,22$. Значения относительной влажности составили $W_{от} = 0,44 \dots 0,58$ для суглинков и $W_{от} = 0,62$ для супесей. По показателю текучести I_L были выделены: суглинки твердые и полутвердые, супеси твердые. Величина коэффициента пористости для суглинков находилась в диапазоне $e_0 = 0,441 \dots 0,698$, а для супесей $e_0 = 0,338 \dots 0,411$.

Гранулометрический состав образцов глинистых грунтов показал, что содержание пылеватых фракций в глинистых грунтах земляного полотна автомобильных дорог II дорожно-климатической зоны не превышает 81,6 % для супесей, и 82,3 % для суглинков. Содержание глинистых фракций для супесей не превышает 10,7 %, а для суглинков 28,6 %. Для участков автомобильных дорог, расположенных в пределах III дорожно-климатической зоны, земляное полотно которых сложено глинистыми грунтами, также характерно высокое содержание пылеватых фракций, достигающее 80,8 % для супесей и 80,6 % для суглинков. Процентное содержание глинистых фракций достигает 12,2 % для супесей и 29,7 % для суглинков.

Что касается обследованных участков автомобильных дорог, расположенных в районах, занимаемых IV дорожно-климатической зоной, рабочий слой земляного полотна которых сложен глинистыми грунтами, то здесь наблюдается снижение содержания пылеватых фракций до 64 % для супесей и 77,5 % для суглинков. Количество глинистых фракций возросло до 20,3 % для супесей и 32,3 % для суглинков.

Репрезентативность выборок характеристик глинистых грунтов, установленных для однородных признаков геокомплекса территорий, занимаемых дорожно-климатическими зонами в Западно-Сибирском регионе, подтверждена объемом испытанных проб грунта, применением при обработке результатов испытаний методов теории вероятностей и математической статистики.

Выполненные исследования позволили рекомендовать для районов, выделенных в административных образованиях Западно-Сибирского региона, комплекс расчётных значений характеристик наиболее распространённых в регионе глинистых грунтов земляного полотна (например, табл. 2, 3).

Таблица 2

**Расчетные значения глинистого грунта земляного полотна
1-го типа местности для дорожных районов Новосибирской области**

Индекс дорожного района	Наименование опорного пункта	$W_{от}$, в долях единицы	$E_{гр}$, МПа	$\varphi_{гр}$, град	$C_{гр}$, МПа
II.Г.1	Маслянино	0,80	22,5	13	0,049
II.Р.2	Кыштовка Колывань	0,84	21,0	12	0,048
III.Р.1	Венгерово	0,67	28,5	18	0,056
III.Р.2	Болотное	0,79	23,0	13	0,049

Окончание табл. 2

Индекс дорожного района	Наименование опорного пункта	W_{OT} , в долях единицы	$E_{гр}$, МПа	$\phi_{гр}$, град	$C_{гр}$, МПа
III.P.3	Татарск Чистозёрное	0,70	27,0	17	0,054
III.P.4	Новосибирск Кочки	0,61	33,0	22	0,061
III.P.5	Сузун	0,67	28,5	18	0,056
III.X.1	Ордынское	0,77	23,5	14	0,050
III.X.2	Сокур	0,78	23,0	13	0,050
IV.P.1	Купино Карасук	0,67	29,0	18	0,056

Таблица 3

**Расчетные величины характеристик глинистого грунта
земляного полотна применительно к участкам автомобильных дорог,
расположенных в условиях близкого залегания уровня грунтовых вод,
для дорожного района IV.P.1, выделенного на территории
Новосибирской области**

Величина коэф- фициента влаго- проводности грунта K_1 , см ² /ч	Глубина залегания уровня грун- товых вод от вер- ха земляного по- лотна H_b , м	Расчётные величины характеристик грунта			
		W_{OT} , в долях единицы	$E_{гр}$, МПа	$\phi_{гр}$, град	$C_{гр}$, МПа
1,0	0,5	0,897	19,7	10,3	0,046
	1,0	0,641	30,7	19,6	0,058
	1,5	0,593	34,8	22,7	0,063
	2,0	0,551	39,6	26,1	0,069
	2,5	0,546	40,2	26,5	0,070
1,5	0,5	0,923	19,1	9,8	0,045
	1,0	0,647	30,2	19,2	0,058
	1,5	0,595	34,6	22,5	0,063
	2,0	0,551	39,6	26,1	0,069
	2,5	0,546	40,2	26,5	0,070
2,0	0,5	0,946	18,6	9,3	0,045
	1,0	0,652	29,9	18,9	0,057
	1,5	0,597	34,4	22,4	0,063
	2,0	0,550	39,7	26,2	0,069
	2,5	0,545	40,4	26,6	0,070
3,0	0,5	0,986	17,8	8,6	0,044
	1,0	0,660	29,3	18,5	0,057
	1,5	0,601	34,0	22,1	0,062
	2,0	0,550	39,7	26,2	0,069
	2,5	0,544	40,5	26,7	0,070

Заключение

Отметим, что полученные значения характеристик прочности и деформируемости глинистых грунтов земляного полотна учитывают вновь полученные знания о закономерностях и связях, определяющих особенности протекания водно-тепловых процессов в дорожных конструкциях автомобильных дорог однородных по признакам геокомплекса дорожных районов в пределах границ административных образований территории исследования.

Сопоставление рекомендуемых отраслевыми нормативными документами ОДН 218.046–01 и ПНСТ 265–2018 и обоснованно стандартизованных расчётных величин характеристик глинистых грунтов земляного полотна автомобильных дорог районов исследования выявило существенные различия. Так, рекомендованная нормами величина модуля упругости суглинка пылеватого в природно-климатических условиях III дорожно-климатической зоны завышена по сравнению с фактической примерно на 25–40 % (в зависимости от величины относительной влажности грунта). В то же время значения угла внутреннего трения занижены по сравнению с экспериментально полученными на 5–30 %, а удельного сцепления на 10–45 %.

Представленные нами результаты исследований свидетельствуют о научной новизне, актуальности и практической ценности проводимых в Западной Сибири работ, направленных на обеспечение качества проектирования дорожных одежд.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефименко В.Н., Шеслер А.И. Дорожно-климатическое районирование юго-восточной части Западной Сибири // Автомобильные дороги. 1980. №7. С. 19–21.
2. Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Бадина М.В. Пути обеспечения эксплуатационной надёжности автомобильных дорог в природных условиях Сибири // Транспортное строительство. Транспорт Российской Федерации. 2007. № 1. С. 18–19.
3. Ефименко С.В., Бадина М.В. Дорожное районирование территории Западной Сибири. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. 244 с.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов. Москва : Стройиздат, 1963. 636 с.
5. Кривошеева З.А., Злочевская Р.И., Королев Е.М., Сергеев Е.М. О природе изменения состава и свойств глинистых пород в процессах литогенеза // Вестник МГУ. Геология. 1977. № 4. С. 61–73.
6. Сергеев Е.М., Голодковская Г.А., Заингиров Р.С., Осипов В.И., Трофимов В.Т. Грунтоведение. Москва : Изд-во МГУ, 1983. 389 с.
7. Трофимов В.Т. Закономерности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий Западно-Сибирской плиты. Москва : Изд-во МГУ, 1977. 276 с.
8. Сергеев Е.М., Минервин А.В. Сущность процесса облессования в подзолистой зоне // Вестник Московского университета. Серия геологическая, 1960. № 3. С. 3–16.
9. Ефименко С.В. Некоторые особенности формирования состава и свойств глинистых грунтов на территории Западной Сибири // Автомобильные дороги. 2004. № 2(9). С. 19–21.
10. Ефименко С.В. Обоснование значений характеристик глинистых грунтов для проектирования нежестких дорожных одежд автомобильных дорог Западной Сибири // Транспорт: наука, техника и управление. 2006. №7. С. 28–30.
11. Ефименко В.Н., Ольховатенко В.Е., Чарыков Ю.М., Ефименко В.Н. Закономерности изменения состава и свойств связных грунтов в процессе термического упрочнения // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрология. Геокриология. 1993. № 1. С. 89–93.

12. Ефименко В.Н., Чарыков Ю.М., Гончарова Л.В. Новые методы и геотехнологии преобразования грунтов энергией СВЧ-поля и плазмы в строительстве / под ред. В.Н. Ефименко. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2003. 247 с.
13. Коробкин В.И. Литология и условия образования плиоцен-четвертичных пылевато-глинистых отложений европейской части России : дис. в виде научного доклада... докт. геол.-мин. наук. Новочеркасск, 1993. 60 с.
14. Ефименко С.В., Краевский А.А., Чурилин В.С. Особенности генезиса, состава и свойств глинистых грунтов Западной Сибири // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 2 (43). С. 177–181.
15. *Richlinien für die Standartisierung des Oberbaues von Verkehrsfiuchen RStO 01*. Ausgabe, 2001.
16. Zapata C.E., Houston W.N. Calibration and validation of the enhanced integrated climatic model for pavement design. Washington, D.C. Transportation Research Board, 2008. 62 p.
17. 中华人民共和国交通部.JTG J003-86_公路自然区划标准.人民交通出版社. 1986.
18. Ярмолинский А.И., Ярмолинский В.А. Проектирование конструкций автомобильных дорог с учетом природно-климатических особенностей Дальнего Востока. Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2005. 197 с.

REFERENCES

1. Efimenko V.N., Shesler A.I. Dorozhno-klimaticheskoe rajonirovanie yugo-vostochnoj chasti Zapadnoj Sibiri [Climatic zoning of the south-eastern part of Western Siberia]. *Avtomobil'nye dorogi*. 1980. No.7. Pp. 19–21. (rus)
2. Efimenko V.N., Efimenko S.V., Badina M.V. Puti obespecheniya ekspluatacionnoj nadyozhnosti avtomobil'nyh dorog v prirodnyh usloviyah Sibiri [Provision of operational reliability of roads in natural conditions of Siberia]. *Transport Rossijskoj Federacii*. 2007. No. 1. Pp. 18–19. (rus)
3. Efimenko S.V., Badina M.V. Dorozhnoe rajonirovanie territorii Zapadnoj Sibiri [Road zoning in Western Siberia]. Tomsk: TSUAB, 2014. 244 p. (rus)
4. Cytovich N.A. Mekhanika gruntov [Soil mechanics]. Moscow: Stroiizdat, 1963. 636 p. (rus)
5. Krivosheeva Z.A., Zlochevskaya R.I., Korolev E.M., Sergeev E.M. O prirode izmeneniya sostava i svojstv glinistyh porod v processah litogineza [Changes in composition and properties of clay rocks in lithogenesis processes]. *Vestnik MSU. Geologiya*. 1977. No. 4. Pp. 61–73. (rus)
6. Sergeev E.M., Golodkovskaya G.A., Zaingirov R.S., Osipov V.I., Trofimov V.T. Gruntovedenie [Soil science]. Moscow: MSU, 1983. 389 p. (rus)
7. Trofimov V.T. Zakonomernosti prostranstvennoj izmenchivosti inzhenerno-geologicheskikh uslovij Zapadno-Sibirskoj plity [Patterns of spatial variability of engineering and geological conditions of the West Siberian Plate]. Moscow: MSU, 1977. 276 p. (rus)
8. Sergeev E.M., Minervin A.V. Sushchnost' processa oblessovanija v podzolistoj zone [The process of afforestation in podzolic zone]. *Vestnik MSU. Geologiya*. 1960. No. 3. Pp. 3–16. (rus)
9. Efimenko S.V. Nekotorye osobennosti formirovaniya sostava i svojstv glinistyh gruntov na territorii Zapadnoj Sibiri [Composition and properties of clay soils in West Siberia]. *Avtomobil'nye dorogi*. 2004. No. 2 (9). Pp. 19–21. (rus)
10. Efimenko S.V. Obosnovanie znachenij harakteristik glinistyh gruntov dlya proektirovaniya nezhyostkih dorozhnyh odezhd avtomobil'nyh dorog Zapadnoj Sibiri [Substantiation of clay soil parameter values for non-rigid pavements in West Siberia]. *Transport: nauka, tekhnika i upravlenie*. 2006. No. 7. Pp. 28–30. (rus)
11. Efimenko V.N., Ol'hovatenko V.E., Charykov Yu.M., Efimenko V.N. Zakonomernosti izmeneniya sostava i svojstv svyaznyh gruntov v processe termicheskogo uprochneniya [Changes in composition and properties of cohesive soils during thermal hardening]. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrologiya. Geokriologiya*. 1993. No. 1. Pp. 89–93. (rus)
12. Efimenko V.N., Charykov YU.M., Goncharova L.V. Novye metody i geotekhnologii preobrazovaniya gruntov energiej SVCH-polya i plazmy v tstoroitel'stve [New methods and geotechnologies of soils affected by microwave field and plasma energy]. V.N. Efimenko, Ed. Tomsk: TSUAB, 2003. 247 p. (rus)
13. Korobkin V.I. Litologiya i usloviya obrazovaniya pliocen-chetvertichnyh pylevato-glinistyh otlozhenij Evropejskoj chasti Rossii, dis. v vide nauchnogo doklada ... dokt. geol.-min. nauk

- [Lithology and conditions for the formation of silty-clayed deposits in European Russia. DSc Thesis]. Novocherkassk, 1993. 60 p. (rus)
14. Efimenko S.V., Kraevskij A.A., Churilin V.S. Osobennosti genezisa, sostava i svojstv glinistyh gruntov Zapadnoj Sibiri [Genesis, composition and properties of clay soils of Western Siberia]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014. No. 2 (43). Pp. 177–181. (rus)
 15. *Richlinien für die Standartisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen*: RStO 01. Köln: FGSV-Verlag, 2001.
 16. Zapata C.E., Houston W.N. Calibration and validation of the enhanced integrated climatic model for pavement design. Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2008. 62 p.
 17. 中华人民共和国交通部.JTG J003-86_公路自然区划标准.人民交通出版社.1986.
 18. Yarmolinskij A.I., Yarmolinskij V.A. Proektirovanie konstrukcij avtomobil'nyh dorog s uchetom prirodno-klimaticheskikh osobennostej Dal'nego Vostoka [Design of road structures in climatic conditions of the Far East]. Khabarovsk: Pacific National University, 2005. 197 p. (rus)

Сведения об авторах

Ефименко Владимир Николаевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Ефименко Сергей Владимирович, докт. техн. наук, декан дорожно-строительного факультета, зав. кафедрой «Автомобильные дороги», Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, svefimenko_80@mail.ru

Самойлова Анфиса Владимировна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Authors Details

Vladimir N. Efimenko, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, svefimenko_80@mail.ru

Sergei V. Efimenko, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, svefimenko_80@mail.ru

Anfisa V. Samoilova, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia